



(19)

(11) Publication number: **200**

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: **2000354603**

(51) Intl. Cl.: **H01L 21/304 B24B 37/04**  
11/30

(22) Application date: **21.11.00**

(30) Priority: **25.01.00 JP 2000015365**

(43) Date of application  
publication: **12.10.01**

(84) Designated contracting  
states:

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(72) Inventor: **SUGIYAMA KIWA**  
**OUCHI TAIJI**

(74) Representative:

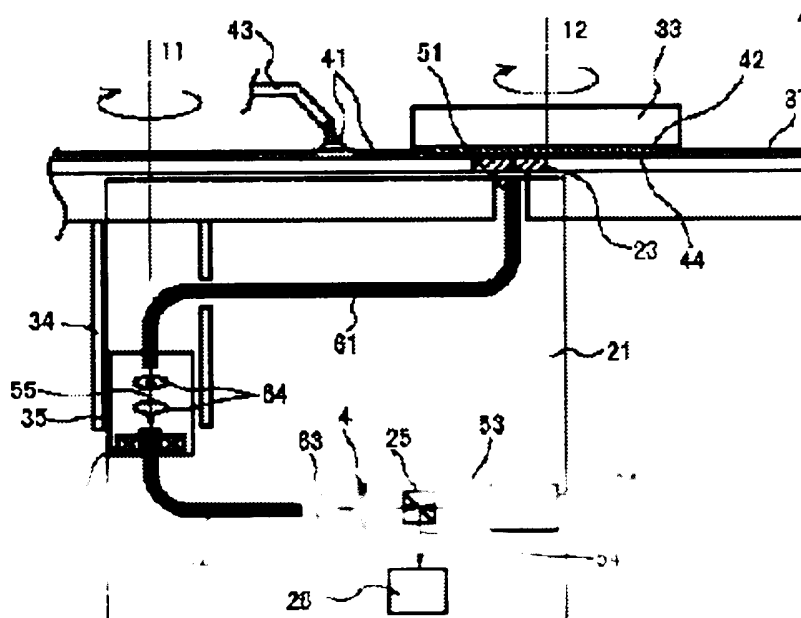
### (54) MONITOR DEVICE POLISHING DEVICE THEREWITH AND MONITOR METHOD, AND POLISHING METHOD

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a monitor device and a monitor method, which enable highly precise measurement of remaining film thickness or optical detection of a process end point practically to any materials, a miniaturized and light-weight polishing device with the monitor device, which enables highly precise polishing, and a method for polishing a semiconductor wafer, wherein a semiconductor element is formed, highly precisely by using the polishing device in a CMP polishing process for polishing a semiconductor wafer with a rotating polishing body.

**SOLUTION:** This monitor device

reflection signal light obtained by casting probe light on a surface to be polished and emits probe light when



polished and emits probe light when a surface to be polished is polished, a photodetector of nonrotation which receives reflection signal light, and a regression optical part which is incorporated in a polishing body part, can rotate together with a polishing body and projects reflection signal light from a prescribed position on injecting probe light to a prescribed position.

COPYRIGHT: (C)2001.JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-284299

(P2001-284299A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーム <sup>7</sup> (参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 S 2 F 0 6 5
B 2 4 B 37/04		B 2 4 B 37/04	K 3 C 0 3 4
49/12		49/12	3 C 0 5 8
G 0 1 B 11/30	1 0 2	G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-354603 (P2000-354603)

(22) 出願日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(31) 優先権主張番号 特願2000-15365 (P2000-15365)

(32) 優先日 平成12年1月25日 (2000. 1. 25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 杉山 喜和

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 大内 泰司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2F065 FF44 GG01 JJ15 LL02 LL04

LL12

3C034 AA07 AA13 BB73 CA22 DD10

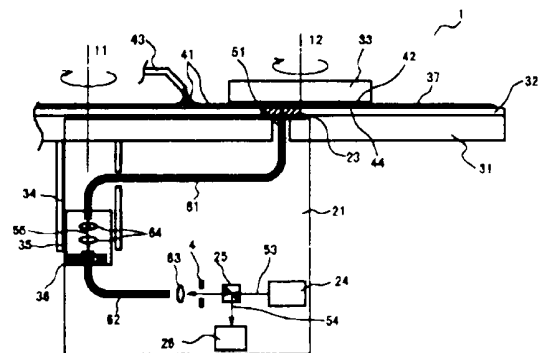
3C058 AA07 AB04 AC02 DA17

(54) 【発明の名称】 モニタ装置及びモニタ方法及びこのモニタ装置を具えた研磨装置及び研磨方法

## (57) 【要約】

【課題】 回転する研磨体により半導体ウェハを研磨するCMP研磨工程に於いて、実際にどのような材料に対しても高精度に残膜厚の測定または工程終了点の検知を光学的に行なうことが可能なモニタ装置、及びモニタ方法、及びこのモニタ装置を具えた小型且つ軽量で高精度な研磨が可能な研磨装置、及びこの研磨装置を用いて半導体素子が形成された半導体ウェハを高精度に研磨する方法を提供する。

【解決手段】 本モニタ装置は、被研磨面が研磨される際に、プローブ光を被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタし、プローブ光を発する不回転の光源と、反射信号光を受光する不回転の光検出器と、所定の位置にプローブ光を入射すると所定の位置から反射信号光を出射するところの、研磨体部に組み込まれ研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】加工面を有する回転可能な研磨体具を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする装置であり、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの、前記研磨体部に組み込まれ前記研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とするモニタ装置。

【請求項2】前記回帰光学部が光結合レンズと屈折率 $n_1$ の第二光ファイバとを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一光ファイバを具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置。

【請求項3】前記回帰光学部が第二反射鏡と第三反射鏡とを具え、前記モニタ装置が更に不回転の第一反射鏡を具えることを特徴とする請求項1記載のモニタ装置。

【請求項4】前記回帰光学部が、更に前記プローブ光を前記被研磨面に向けて透過すると共に前記反射信号光を逆向きに透過する屈折率 $n_1$ の透明窓を具えることを特徴とする請求項1～3何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項5】前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_1$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下で且つ $n_2$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の屈折率の接着剤で接着されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項6】前記第二光ファイバの端部と前記透明窓とが、 $n_1$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の屈折率の接着剤で接着され、前記透明窓の少なくとも接着部分に前記接着剤と前記透明窓との界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項7】前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第二光ファイバの端面との間に、前記第二の光ファイバの前記端面から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第二光ファイバの前記端面に集光するための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

【請求項8】前記回帰光学部が、更に前記透明窓と前記第三反射鏡との間に前記第三反射鏡から出射するプローブ光を前記被研磨面に照射し、反射信号光を前記第三の反射鏡にリレーするための凸のパワーを持った光学系を具えることを特徴とする請求項4記載のモニタ装置。

ことを特徴とする請求項7記載のモニタ装置。

【請求項10】前記光学系の中で最も前記第二光ファイバの前記端面側にある屈折率 $n_1$ のレンズと前記第二光ファイバの前記端面とが $n_1$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の接着剤で接着され、前記屈折率 $n_1$ のレンズの少なくとも接着部分に前記接着剤と前記屈折率 $n_1$ のレンズとの界面反射を低減するための反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項7記載のモニタ装置。

【請求項11】前記光学系が、前記被研磨面と光学的に共役な位置に絞りを具えることを特徴とする請求項7～10何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項12】前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一つの端面の法線方向が、前記第一または第二の光ファイバの光軸方向に対して非平行とされていることを特徴とする請求項2、4～7、9～11何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項13】前記第一または第二の光ファイバの少なくとも一方が、液体より成るコアを具える光ファイバであることを特徴とする請求項2、4～7、9～12何れか1項記載のモニタ装置。

【請求項14】回転する加工面と基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨する際に、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタするモニタ方法であり、不回転の光源からプローブ光を発する段階と、前記プローブ光を前記加工面と一緒に回転する回帰光学部に入射する段階と、前記回帰光学部から出射する反射信号光を不回転の光検出器により受光する段階と、を具えることを特徴とするモニタ方法。

【請求項15】加工面を有する回転可能な研磨体具を具える研磨体部と基板を保持する基板保持部とを具え、回転する前記加工面と前記基板の被研磨面との間に研磨剤を介在させ、双方の間に相対運動を与えることにより前記被研磨面を研磨し、且つ、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする研磨装置であって、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とする研磨装置。

【請求項16】前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求項1～13何れか1項記載のモニタ装置を用いて研磨状態をモニタする段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの研磨装置。

図1 図2 図3 図4 図5 図6 図7 図8 図9 図10 図11 図12 図13 図14 図15 図16 図17 図18 図19 図20 図21 図22 図23 図24 図25 図26 図27 図28 図29 図30 図31 図32 図33 図34 図35 図36 図37 図38 図39 図40 図41 図42 図43 図44 図45 図46 図47 図48 図49 図50 図51 図52 図53 図54 図55 図56 図57 図58 図59 図60 図61 図62 図63 図64 図65 図66 図67 図68 図69 図70 図71 図72 図73 図74 図75 図76 図77 図78 図79 図80 図81 図82 図83 図84 図85 図86 図87 図88 図89 図90 図91 図92 図93 図94 図95 図96 図97 図98 図99 図100 図101 図102 図103 図104 図105 図106 図107 図108 図109 図110 図111 図112 図113 図114 図115 図116 図117 図118 図119 図120 図121 図122 図123 図124 図125 図126 図127 図128 図129 図130 図131 図132 図133 図134 図135 図136 図137 図138 図139 図140 図141 図142 図143 図144 図145 図146 図147 図148 図149 図150 図151 図152 図153 図154 図155 図156 図157 図158 図159 図160 図161 図162 図163 図164 図165 図166 図167 図168 図169 図170 図171 図172 図173 図174 図175 図176 図177 図178 図179 図180 図181 図182 図183 図184 図185 図186 図187 図188 図189 図190 図191 図192 図193 図194 図195 図196 図197 図198 図199 図200 図201 図202 図203 図204 図205 図206 図207 図208 図209 図210 図211 図212 図213 図214 図215 図216 図217 図218 図219 図220 図221 図222 図223 図224 図225 図226 図227 図228 図229 図230 図231 図232 図233 図234 図235 図236 図237 図238 図239 図240 図241 図242 図243 図244 図245 図246 図247 図248 図249 図250 図251 図252 図253 図254 図255 図256 図257 図258 図259 図260 図261 図262 図263 図264 図265 図266 図267 図268 図269 図270 図271 図272 図273 図274 図275 図276 図277 図278 図279 図280 図281 図282 図283 図284 図285 図286 図287 図288 図289 図290 図291 図292 図293 図294 図295 図296 図297 図298 図299 図300 図301 図302 図303 図304 図305 図306 図307 図308 図309 図310 図311 図312 図313 図314 図315 図316 図317 図318 図319 図320 図321 図322 図323 図324 図325 図326 図327 図328 図329 図330 図331 図332 図333 図334 図335 図336 図337 図338 図339 図340 図341 図342 図343 図344 図345 図346 図347 図348 図349 図350 図351 図352 図353 図354 図355 図356 図357 図358 図359 図360 図361 図362 図363 図364 図365 図366 図367 図368 図369 図370 図371 図372 図373 図374 図375 図376 図377 図378 図379 図380 図381 図382 図383 図384 図385 図386 図387 図388 図389 図390 図391 図392 図393 図394 図395 図396 図397 図398 図399 図400 図401 図402 図403 図404 図405 図406 図407 図408 図409 図410 図411 図412 図413 図414 図415 図416 図417 図418 図419 図420 図421 図422 図423 図424 図425 図426 図427 図428 図429 図430 図431 図432 図433 図434 図435 図436 図437 図438 図439 図440 図441 図442 図443 図444 図445 図446 図447 図448 図449 図450 図451 図452 図453 図454 図455 図456 図457 図458 図459 図460 図461 図462 図463 図464 図465 図466 図467 図468 図469 図470 図471 図472 図473 図474 図475 図476 図477 図478 図479 図480 図481 図482 図483 図484 図485 図486 図487 図488 図489 図490 図491 図492 図493 図494 図495 図496 図497 図498 図499 図500 図501 図502 図503 図504 図505 図506 図507 図508 図509 図510 図511 図512 図513 図514 図515 図516 図517 図518 図519 図520 図521 図522 図523 図524 図525 図526 図527 図528 図529 図530 図531 図532 図533 図534 図535 図536 図537 図538 図539 図540 図541 図542 図543 図544 図545 図546 図547 図548 図549 図550 図551 図552 図553 図554 図555 図556 図557 図558 図559 図560 図561 図562 図563 図564 図565 図566 図567 図568 図569 図570 図571 図572 図573 図574 図575 図576 図577 図578 図579 図580 図581 図582 図583 図584 図585 図586 図587 図588 図589 図590 図591 図592 図593 図594 図595 図596 図597 図598 図599 図600 図601 図602 図603 図604 図605 図606 図607 図608 図609 図610 図611 図612 図613 図614 図615 図616 図617 図618 図619 図620 図621 図622 図623 図624 図625 図626 図627 図628 図629 図630 図631 図632 図633 図634 図635 図636 図637 図638 図639 図640 図641 図642 図643 図644 図645 図646 図647 図648 図649 図650 図651 図652 図653 図654 図655 図656 図657 図658 図659 図660 図661 図662 図663 図664 図665 図666 図667 図668 図669 図670 図671 図672 図673 図674 図675 図676 図677 図678 図679 図680 図681 図682 図683 図684 図685 図686 図687 図688 図689 図690 図691 図692 図693 図694 図695 図696 図697 図698 図699 図700 図701 図702 図703 図704 図705 図706 図707 図708 図709 図710 図711 図712 図713 図714 図715 図716 図717 図718 図719 図720 図721 図722 図723 図724 図725 図726 図727 図728 図729 図730 図731 図732 図733 図734 図735 図736 図737 図738 図739 図740 図741 図742 図743 図744 図745 図746 図747 図748 図749 図750 図751 図752 図753 図754 図755 図756 図757 図758 図759 図760 図761 図762 図763 図764 図765 図766 図767 図768 図769 図770 図771 図772 図773 図774 図775 図776 図777 図778 図779 図780 図781 図782 図783 図784 図785 図786 図787 図788 図789 図790 図791 図792 図793 図794 図795 図796 図797 図798 図799 図800 図801 図802 図803 図804 図805 図806 図807 図808 図809 図810 図811 図812 図813 図814 図815 図816 図817 図818 図819 図820 図821 図822 図823 図824 図825 図826 図827 図828 図829 図830 図831 図832 図833 図834 図835 図836 図837 図838 図839 図840 図841 図842 図843 図844 図845 図846 図847 図848 図849 図850 図851 図852 図853 図854 図855 図856 図857 図858 図859 図860 図861 図862 図863 図864 図865 図866 図867 図868 図869 図870 図871 図872 図873 図874 図875 図876 図877 図878 図879 図880 図881 図882 図883 図884 図885 図886 図887 図888 図889 図890 図891 図892 図893 図894 図895 図896 図897 図898 図899 図900 図901 図902 図903 図904 図905 図906 図907 図908 図909 図910 図911 図912 図913 図914 図915 図916 図917 図918 図919 図920 図921 図922 図923 図924 図925 図926 図927 図928 図929 図930 図931 図932 図933 図934 図935 図936 図937 図938 図939 図940 図941 図942 図943 図944 図945 図946 図947 図948 図949 図950 図951 図952 図953 図954 図955 図956 図957 図958 図959 図960 図961 図962 図963 図964 図965 図966 図967 図968 図969 図970 図971 図972 図973 図974 図975 図976 図977 図978 図979 図980 図981 図982 図983 図984 図985 図986 図987 図988 図989 図990 図991 図992 図993 図994 図995 図996 図997 図998 図999 図1000

前記端面とが、 $n_1$ との差が $\pm 1.7\%$ 以下の接着剤で接着されている

【請求項16】前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求項1～13何れか1項記載のモニタ装置を用いて研磨状態をモニタする段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの研磨装置。

ウェハの研磨中に研磨状態をモニタするためのモニタ装置、モニタ方法、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置、及び半導体デバイスが形成された半導体ウェハの研磨方法に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】半導体集積回路の止まることを知らない高集積化の動きに伴い、これを製造するための半導体プロセス技術は、益々微細化し、サブハーフミクロンからクォータミクロン時代に突入している。そのため、光リソグラフィの露光工程の露光装置の開口数が大きく（高NA化）なっており、これに伴い、露光装置の焦点深度がますます浅くなってきている。更に、デバイス構造が3次元化し、電極配線の多層構造化、複雑化の傾向も強まっている。

【0003】以上の傾向に対応する重要技術として、近年、半導体プロセスにおける層間絶縁膜のグローバル平坦化技術として、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシングまたはケミカル・メカニカル・プラナリゼーション）法が注目を集めている。このCMP法に用いられる基板研磨装置は図9に示されるように、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら相対運動を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって基板表面をグローバルに研磨するものである。

【0004】このような基板研磨装置に求められる最も重要な性能の一つとして、研磨の残膜厚の測定と工程終了点の検知がある。この測定精度の善し悪しが、この装置により製造される半導体素子については集積回路の品質を大きく左右するのである。

【0005】しかしながら、従来の基板研磨装置は、いずれも既存の装置の延長線上のものであり、高度化する加工精度の要求を十分に満足していないのが現状である。特に、ロット間での残膜厚のバラツキについては、加工時間の設定による管理方法では、単位時間あたりの研磨量（研磨レート）の変動要因、例えば研磨パッドの目詰まりの他に研磨加工圧、研磨剤の供給量、それに基板周辺の温度環境など、その時々に変動する種々の要因に対応できていない。また、加工後の残膜厚を専用の測定装置（エリアソメータ等）で測定し、これを基板研磨装置にフィードバックして残膜厚を制御する方法も行われているが、この方法は測定のために研磨作業を一旦停止しなければならないという欠点の他に、測定によって、例えば研磨済みの基板の正確な残膜厚が得られたとしても、上記変動要因のために目標の残膜厚を正確に得ることは困難である。

【0006】そこで従来、時間管理による研磨終了点の検出法以外にも、研磨加工中に同時に（*in-situ*）に研磨終了点を検出する検出法として、研磨定盤を駆動するモータのトルク変動を利用した検出法が提案されている。これは、研磨終了点に於いて基板の被研磨面の材質が変化したときに研磨抵抗が変動することを利用したもので、その研磨抵抗の変動をモータトルクをモニタすることにより検出し、研磨終了点を検出するものである。しかしながら、モータのトルク変動を利用した検出法は、研磨終了点で材質変化が生じるケース（例えば、酸化膜を研磨していく過程で下地のシリコンが露出する場合など）では有効であるが、下方まで同一材質の同一膜の表面の凹凸を高精度（ $\pm 100\text{nm}$ 以下程度）に平坦化したいケースでは、精度的に不十分であるうえ、研磨終了点でモータトルクの変動が顕著に現れないため、実質的に研磨終了点の検出ができなくなってしまう。

【0007】そこで、最近では、このようなトルク変動からの終点検出でなく、光学式による終点検出の開発が急がれている。この光学的終点検出技術の有力例を図10に示すが、本技術は、基板保持部102に装着した基板（半導体ウェハ）107を研磨定盤104に固定した研磨パッド103に押しつけながら基板の回転運動100と研磨パッドの回転運動101によって相対運動を与え、研磨剤供給機構106から供給される研磨剤（スラリー）105の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって基板表面をグローバルに研磨する際に、研磨パッド103と研磨定盤104に開けられた透明窓110を通してモニタ装置109から出射するプローブ光を半導体ウェハ107に向けて照射し、半導体ウェハ107からの反射光をモニタ装置が見える光検出装置が受光することによって工程終了点の検知を行なおうとするものである。

【0008】ところが、図10のように提案された終点検出方法について、従来、原理的な範囲のみの開示に限られていて、具体的な光学系などの構成部材の配置については明確に開示されていなかった。例えば、図10に近い技術として特開平9-36072があるが、ここには、光学センサの構成についての記載がない。

【0009】また、図10を見れば分かるように、モニタ装置109は、回転する研磨定盤104に固定されなければならない。モニタ装置は光源や光検出器を具えるので、モニタ装置が回転することはこれを収納するために研磨定盤104の下部に無視できない大きさの収納スペースを必要とする。このことは、CMP研磨装置の設計上大きな制約となる。

【0010】一般に、高価なクリーンルーム内で使用されるCMP研磨装置のような装置は、装置の小型化と軽量化が強く求められている。この観点から、図10の装置は、装置の大型化、重量化、コストの増大を招き、好ましくない。

【0011】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決



より前記被研磨面を研磨し、且つ、プローブ光を前記被研磨面に照射して得られる反射信号光により研磨状態をモニタする研磨装置であって、前記プローブ光を発する不回転の光源と、前記反射信号光を受光する不回転の光検出器と、前記研磨体部の回転軸上にある所定の位置に前記プローブ光を入射すると前記所定の位置から前記反射信号光を出射するところの研磨体と一緒に回転可能な回帰光学部と、を具えることを特徴とする研磨装置を提供する。

【0026】第十六に、前記基板が、半導体素子が形成された半導体ウェハであり、請求項1〜13何れか1項記載のモニタ装置を用いて研磨状態をモニタする段階を具えることを特徴とする半導体ウェハの研磨方法を提供する。

【0027】

【発明の実施の形態】〔第一の実施形態〕本実施形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要図を図1に示す。図1にて、21はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源24、ビームスプリッタ25、反射信号光を受光する光検出器26、第一光結合レンズ63、第一光ファイバ62、ロータリージョイント35、及び第二光ファイバ61を具える。ロータリージョイント35は、第二光結合レンズ64、軸受け36、及び第二光ファイバ61の第一の端面を固定するための固定座を具える。第一光ファイバ62の第二の端面側の端部が、ロールベアリング状の軸受け36の中央部のインナーレースに差し込まれ、インナーレースに固定されている。この第二の端面側の端面の固定位置は、プローブ光を出射し反射信号光を入射するために、回転軸11上の所定位置に一致するように調整されている。また第二光ファイバ61の第一の端面側の端部は固定座に固定されている。アウターレースはロータリージョイント35の筐体部に固定され、ロータリージョイント35の筐体部はシャフト34の内面に固定されている。ここで、第二光結合レンズ64と第二光ファイバ61とが回帰光学部を構成しており、この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具え、更に被研磨面44とを加えることにより回帰光学系を構成する。この回帰光学系は、この回帰光学系内の所定の位置にプローブ光を入射するとこの所定の位置から前記反射信号光を逆向きに射出することを意味する。

【0028】第一光結合レンズ63はプローブ光を第一光ファイバ62の第一の端面に集光し入射するとともに、第一光ファイバ62の第一の端面から出射する反射信号光をビームスプリッタ25に入射する。ここで第一光結合レンズ63は、光伝送のロスをなくすために第一

信号光を伝え、第一の端面から出射させる。また、第二光結合レンズ64は第一光ファイバ62の第二の端面から出射するプローブ光を入射させて第二光ファイバ61の第一の端面に集光し入射させると共に、第二光ファイバ61の第一の端面から出射する反射信号光を入射させて第一光ファイバ62の第二の端面に集光し入射させる。ここで第二光結合レンズ64は、光伝送のロスをなくすために第一光ファイバと第二光ファイバ61の双方とは好ましくはモートマッチングされている。第二光ファイバ61の第二の端面から出射したプローブ光は透明窓23を透過して基板42の被研磨面に照射され、そこから反射した反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第二光ファイバ61の第二の端面に入射する。

【0029】このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転するような稼働状態で第一光ファイバ62を不回転のままとすることができ、その結果、設置スペースを要する光源24、ビームスプリッタ25、光検出器26、及び第一光結合レンズ63を下回転の位置に設置することができ、このことは設置場所の制約が少なくなるので、研磨装置の小型化に極めて都合が良い。

【0030】次に、同じ図1の研磨装置全体の構成を説明する。図1にて31は研磨定盤、32は研磨定盤31に固定された研磨体、34は研磨定盤31がこの回りに回転するシャフト、42は基板、33は基板42を保持する基板保持部、43は研磨剤供給機構である。研磨に於いて、基板42の被研磨面は加圧機構（不図示）により研磨体32の加工面に加圧され、研磨剤供給機構43により研磨剤11を供給しながら基板保持部33を回転（回転軸12の回りの回転方向のみが示される）し、且つ研磨定盤31を回転機構（不図示）により回転（回転軸11の回りの回転方向が示される）することによって基板42の被研磨面が研磨される。

【0031】研磨体32は好ましくは透明窓23を具える。この透明窓23はプローブ光及び反射光を透過させる機能と研磨剤が漏れるのを防止する機能とを持つ。この透明窓23には透過するプローブ光と反射光の界面での反射損失を低減するために少なくとも片面に反射防止膜が形成されている。

【0032】モニタに当たって、光源24から発したプローブ光はビームスプリッタ25を透過し、第一光結合レンズ63、第一光ファイバ62を経由し、所定の位置にあるその端面から第二光結合レンズ64に向けて出射する。このプローブ光は、更に光結合レンズ64、第二の光ファイバ61、及び透明窓23を経由して基板42の被研磨面に向けて出射する。尚、ここで、ビームスプリッタ25と第一光結合レンズ63との間に絞り4が設けられている。

図2は、研磨装置の第一の実施形態の断面図である。

図2は、研磨装置の第一の実施形態の断面図である。この図に示すように、第一光ファイバ62の第一の端面から出射する反射信号光は前記経路を

経て、被研磨面42に照射され、反射光を調整する部から出射する。この被研磨面からの反射信号光は前記経路を

プローブ光とは全く逆向きに辿り、第二光結合レンズ6によりその第二の端面を所定の位置に置いた第一の光ファイバ6の端面に入射・透過し、第一光結合レンズ6を透過し、ビームスプリッタ25を反射して、光検出器26に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0033】ここで、透明窓23は回転軸11の回りに回転しているので、プローブ光が基板42の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓23が被研磨面の下に回転して来たときである。

【0034】本モニタ装置はロータリジョイント35を具えるので、研磨装置の回転部に設置することが可能となり、非常に汎用性が高い。

〔第二の実施形態〕本実施形態のモニタ装置を組み込んだ状態の研磨装置の概要図を図2に示す。図2にて、21はモニタ装置であり、プローブ光を発する光源24、ビームスプリッタ25、反射信号光を受光する光検出器26、第一反射鏡27、第二反射鏡28、及び第三反射鏡29を具える。この第一反射鏡27のプローブ光の反射位置は反射信号光を入射するための所定位置に一致するように、更に反射プローブ光が回転軸11に一致するように調整されている。ここで、第二反射鏡28と第三の反射鏡29とが回帰光学部を構成している。この回帰光学部は、必要に応じて更に透明窓23を具え、更に被研磨面41とを加えることにより回帰光学系を構成する。この回帰光学系は、この回帰光学系内の所定の位置にプローブ光を入射するとこの所定の位置から前記反射信号光を逆向きに射出することを意味する。

【0035】第一反射鏡27は、ビームスプリッタ25から射出するプローブ光を第二反射鏡28に向けて射出するとともに、第二反射鏡28から射出する反射信号光をビームスプリッタ25に向けて射出する。第二の反射鏡28は、第一反射鏡27から射出するプローブ光を第三反射鏡29に向けて射出するとともに、第三反射鏡29から反射して射出する反射信号光を第一反射鏡27に向けて射出する。第三反射鏡29から射出したプローブ光は透明窓23を通り基板42の被研磨面に照射され、そこからの反射信号光は再び透明窓23を逆向きに透過して第三反射鏡に入射し第二の反射鏡28に向けて反射される。

【0036】このようにして、研磨装置の研磨定盤が回転するような稼働状態で第一反射鏡27、光源24、ビームスプリッタ25、及び光検出器26を不回転の位置に設置することができるので、研磨装置の小型化に極めて都合が良い。

【0037】次に、同一図2の研磨装置全体の構成を説明する。

図2に示すように、研磨装置は、研磨定盤1、回転軸11、被研磨面41、被研磨面42を保持する基板保持部、43は研磨剤供給機構である。

研磨に於いて、基板42の被研磨面は加圧機構（下図示）により研磨体32の加工面に加圧され、研磨剤供給機構43により研磨剤41を供給しながら基板保持部33を回転（回転軸11の回りの回転方向のみが示される）し、且つ研磨定盤31を回転機構（下図示）により回転（回転軸11の回りの回転方向が示される）することによって基板42の被研磨面が研磨される。

【0038】研磨体32は好ましくは透明窓23を具える。この透明窓23はプローブ光及び反射光を透過させる機能と研磨剤が漏れるのを防止する機能を持つ。この透明窓23には透過するプローブ光と反射光の反射損失を低減するために少なくとも片面に反射防止膜が形成されている。

【0039】また、シャフト34の内部には回転する第二反射鏡28が組み込まれ、シャフト34と一緒に回転するようにされている。回転する第二反射鏡28は、不回転の第一反射鏡27から反射して来るプローブ光を回転しながら受け、第二反射鏡28と同じ角速度で回転する第三反射鏡29に向けてプローブ光を射出する。また、同様に回転する第二反射鏡28は、第二反射鏡28と同じ角速度で回転する第三反射鏡29から射出する反射信号光を回転しながら受け、不回転の第一反射鏡27に向けて射出する。

【0040】モニタに当たって、光源24から発したプローブ光はビームスプリッタ25を透過し、所定位置に設けた第一反射鏡27、第二反射鏡28、第三反射鏡29、及び透明窓23を経由して基板42の被研磨面に向けて射出する。この被研磨面からの反射信号光は前記経路をプローブ光とは全く逆向きに辿り、所定位置に設けられた第一反射鏡27を反射し、ビームスプリッタ25を反射して光検出器26に入射して検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0041】ここで、透明窓23は回転軸11の回りに第二反射鏡28と第三反射鏡29と一緒に回転しているので、プローブ光が基板42の被研磨面に照射され、反射信号が取得されるのは透明窓23が被研磨面の下に回転して来たときである。

【0042】〔第三の実施形態〕本実施形態は、第二光ファイバ61の端面が透明窓に接着剤を用いて接着されている点でのみ第一の実施形態と異なる。

【0043】図1の概要図に示された第一の実施形態では、第二光ファイバ61から射出したプローブ光を直接、基板42の被研磨面に照射してその反射信号光を再び第二光ファイバ61の端面に入射させる。しかし、第二光ファイバ61から射出するプローブ光は全散光となる。

このため、反射信号光は全散光となり、その結果、第二光ファイバ61に入射する光量は減少してしまう。そこで、



のため本実施形態では、第二光ファイバ61の端面位置を基板42の被研磨面に可能な限り近づけるためにこの第二光ファイバの端面の屈折率を $n_2$ とし、透明窓23の屈折率を $n_3$ とすると、 $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_3 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着する。この実施形態の概要を説明する図が図3に示される。

【0044】このようにすることにより、第二光ファイバ61の端面を基板42の被研磨面に近づけるだけでなく、同時に透明窓23の界面と第二光ファイバ61の端面での反射損失を減少することもできる。ファイバ端面の反射損失を減少させるために第二光ファイバ61の端面に反射防止膜を形成する方法は、ファイバの端面が非常に小さく、細長い形状のために、通常の真空蒸着法により形成することが困難なために製造コストが高いという問題があり、また透明窓の表面の反射損失の問題が残る。そのため、本実施形態の接着の方法はコストの点からも優れている。なお、異なる屈折率 $n$ と屈折率 $n'$ の透明物体の界面での反射率 $R$ は、一般に

$$R = ((n - n') / (n + n'))^2$$

で与えられ、 $n = 1.5$ とすると、 $n' = 1.0$ の空気との界面の反射率は約4%となる。しかしながら、この界面の屈折率差が小さくなると界面の反射率は低下する。今、 $n_2$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有し、且つ $n_3$ に対して、その差が1.7%以下の屈折率を有する接着剤で光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着した場合は、ファイバと接着剤の界面のみならず接着剤と透明窓23の界面での反射率を各々約1%以下に減少できる。その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0045】〔第四の実施形態〕本実施形態は、透明窓23の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点でのみ第三の実施形態と異なる。

【0046】第三の実施形態では、第二光ファイバの端面の屈折率を $n_6$ とし、透明窓23の屈折率を $n_3$ とすると、 $n_6 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_3 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面と透明窓23とを接着する。しかしながら、 $n_6$ と $n_3$ の値によっては $n_3 \pm 1.7\%$ の屈折率条件を満たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合には透明窓23の表面に接着剤と透明窓との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。本実施形態は、第三の実施形態を説明するのに用いた図3に、この反射防止膜を簡単のために明示しない形で示される。

【0047】このようにすることにより、接着剤層17の

反射率を減少させることが出来る。

【0048】〔第五の実施形態〕本実施形態の全体の概

要図を図4に示し、図5には光学窓付近の光学系を示す。本実施形態は第一の実施形態とは第二光ファイバの端面と透明窓との間に凸パワーを持つ光学系22を配置している点でのみ異なる。光学系22は複数のレンズで構成されることもあるが、本図では1個のレンズのみが代表的に示されている。第三、第四の実施形態により、第二光ファイバ61の端面、透明窓23の表面での反射損失を低減することが出来るが、第三の実施形態で説明したように第二光ファイバから射出するプローブ光は発散光であり、透明窓23は無視できない厚みを持っているので、この間をプローブ光として反射信号光が進む間に光は発散してしまい、第二光ファイバ61の端面には一部の光しか入射できない。図5に於いて、この凸のパワーを持った光学系22は、第二の光ファイバ61の端面が基板42の被研磨面に対して再び光学的に共役になるように設計されている。つまり、第二光ファイバ61の端面から放射されたプローブ光が、凸のパワーを持った光学系22により屈折、被研磨面に照射し反射され、信号光が再び凸のパワーを持った光学系22を逆向きに屈折された結果、第二光ファイバ61の端面位置に、射出したときの端面形状の等倍の像を結ぶのである。更にこの凸のパワーを持った光学系22は、第二光ファイバ61の入射に対してモートマッチさせて光ロスがないようにされていることが好ましい。このようにすれば、原理的に、被研磨面で反射した信号光を全て第二光ファイバ61に取り込むことができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0049】〔第六の実施形態〕本実施形態の光学窓付近の光学系の概要を説明する図が図6に示される。本実施形態は第五の実施形態とは光学系22の中のうち最も第二の光ファイバの端面側にあるレンズ220と第二の光ファイバの端面とが接着剤70で接着されている点でのみ異なる。図6では光学系22が複数のレンズで構成された場合の他のレンズは明示されていない。ここでも第三の実施形態と同様に屈折率条件が要求され、第二の光ファイバの端面の屈折率を $n_2$ とし、レンズ220の屈折率を $n_2$ とすると、 $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_3 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面とレンズ220とを接着する。

【0050】このようにすることにより、第二光ファイバ61の端面での界面反射とレンズ220の接合面側の界面の光の反射を低減することができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0051】〔第七の実施形態〕本実施形態は、レンズ220の表面に接着剤とレンズ220との界面の反射を減らすための反射防止膜が施されている点でのみ第六の

実施形態と異なる。

【0052】第六の実施形態では、第二光ファイバの端

面の屈折率を $n_1$ とし、レンズ220の屈折率を $n_2$ とすると、 $n_1 \pm 1.7\%$ の範囲内で且つ $n_2 \pm 1.7\%$ の範囲内の屈折率を有する接着剤70で第二光ファイバ61の端面とレンズ220とを接着する。しかしながら、 $n_1$ と $n_2$ の値によっては $n_1 \pm 1.7\%$ の屈折率条件を満たす適当な接着剤が見つからない場合がある。この場合にはレンズ220の表面に接着剤70とレンズ200との界面の反射を減らすための反射防止膜を形成する。

【0053】このようにすることにより、接着剤選択の自由度を増やすことができ、且つ接着剤との二つの界面での反射率を十分に低減することができ、その結果反射信号光を増やすことが出来る。

【0054】〔第八の実施形態〕本実施形態の光学系22の付近の様子を図7に示す。本実施形態は第五の実施形態とは光学系22をより発展させた点でのみ異なる。図7に於いて、光学系22は前群光学系221と後群光学系222とを具え、更に絞り14を具える。絞り14は、前群光学系221の中で基板42の被研磨面と光学的に共役な位置に設けられる。

【0055】第二光ファイバ61からの光の出射方向は、ファイバが曲がるなどすると変わることがある。すると第五の実施形態のモニタ装置の場合、光の照射位置がずれるなどして測定誤差の原因となる。光学系22の中に設けられる絞り14は、第二光ファイバ61からの光束を整えるために設けられる。そのために、絞り14の開口部の大きさは光ファイバ61から出射する光束の大きさよりも若干小さくされている。このようにすることにより、第二光ファイバ61から出射するプローブ光の光束の方向が多少変化しても、この絞り14を通過した光束の方向と大きさを安定させることができるので、基板42の被研磨面上へのプローブ光の照射位置と照射範囲とを一定に保つことが出来る。更にこの絞りの寸法または形状を変えることにより被研磨面への照射スポットの寸法または形状を調整できるので、測定対象の半導体デバイスのパターンに適合させることができる。なおこのような絞り14を設ければ、絞り4は無くても良い。

【0056】また、本実施形態と第六または第七の実施形態とを組み合わせることは好ましい。本実施形態によれば、被研磨面で反射した信号光を全て光学系22により受けて、第二光ファイバ61に取り込むことにより、反射信号光を増やすことが出来るのみならず、基板42の被研磨面へのプローブ光の照射位置と寸法を常に一定に保つことが出来るので、測定を精度良く行うことができ、更に絞り14の寸法の調整により半導体デバイスの多様なパターンに対応することができる。

図7 第八の実施形態のモニタ装置の光学系22の付近の様子を示す図

図7に於いて、光学系22は前群光学系221と後群光学系222とを具え、更に絞り14を具える。絞り14は、前群光学系221の中で基板42の被研磨面と光学的に共役な位置に設けられる。

レンズで構成されることもあるので、本図では単に四角のブロックで示されている。第二の実施形態では光源24から発せられたプローブ光は基板42の被研磨面に到達するまでの間に発散してしまうことがあり、所要サイズのスポットとして被研磨面に照射できない場合があるので、この凸パワーを持つ光学系22により所望のサイズのスポットに絞り込むのである。尚、必要に応じて、第一反射鏡と第二反射鏡との間、または第二反射鏡と第三反射鏡との間にリレー光学系を別に設けても良い。このようにして半導体デバイスの多様なパターンに対応することができるのみならず、反射信号光を光学系の光路から逃さないで無駄なく光検出器26により受光することができる。

【0058】以上説明した第一～第九の実施形態で、モニタ装置の構成要素は回転する部材と不回転の部材とに分離して説明したが、不回転の部材の部分のみでも本発明のモニタ装置を構成することは言うまでもない。このとき、他の回転する部材は研磨装置を構成する。

【0059】また、以上説明した第一～第九の実施形態に共通して、研磨状態のモニタのために、残膜厚の測定または工程終了点の検知が好ましく行なわれる。また、反射信号光としては、好ましくは分光反射信号光が検知され、このために、光検出器26の前に分光器（不図示）が配置される。この分光計測の結果を不図示のA/Dコンバータ、等により不図示の信号処理部に送り、そこで膜厚を算出することが可能になる。具体的には、分光反射信号の変化を高精度に検出するために、好ましくは分光反射信号から演算されたパラメータを利用するか、または分光反射特性の参照値と分光反射特性の測定値との、相互相関関数、等を用いて比較を行なう。更にまた、モニタ装置は、被研磨面のパターン寸法に対応してパターン干渉の程度を制御するために、好ましくは空間コヒーレンス長を制御するための絞り（不図示）を光源24に具える。更にまた、反射光から1次以上の回折成分を除き、0次光のみを分光反射信号として検出するために好ましくは光検出器26の前に絞り（不図示）が配置される。これら空間コヒーレンス長の制御技術及び0次光抽出技術については特願平10-150963及び特願平11-047485及び特願平10-28917に開示されている。

【0060】さらにまた、本発明のモニタ装置は、光路中（例えば光路52、光学系22、計測部、等）に有害な外光が入って測定に悪影響を与えないように内部を艶消し吸光塗料等で塗装したパイプ等で覆うことが好ましい。

【0061】このように本モニタ装置は、その光学系22の静止部分から出射した光が光損失なく回転する部材に照射され、その反射光が再び静止部分に反射して検出される。このようにして、光学系の静止部分から出射した光が光損失なく回転

する部分に伝わり、回転部分から射出した光が光損失なく静止部分に伝わることを意味している。このようにして比較的設置スペースを取るビームスプリッタ25、光源24、分光器を含む光学系(分光反射信号を検出する場合)、光検出器を研磨装置から離して設置することができ、研磨装置側には被研磨面にプローブ光を安定的に伝達・照射し、且つ反射信号光を安定的に受光して回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、ファイバまたは反射鏡またはレンズ、等を見える、コンパクトな回帰光学部のみを設置すれば良いので、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来、また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。更にまた、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

【0062】〔第十の実施形態〕第一、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態に於いてファイバの端面に於ける光反射が問題になることあった。例えば第一の実施形態に於いて、第一の光ファイバの第一の端面と第二の端面で、及び第二の光ファイバの第一の端面と第二の端面で反射した反射プローブ光は基板42の方向とは逆方向に伝搬し、ノイズ光(フレア光)として光検出器に入射してしまうことがある。第一、第二の光ファイバのコアの屈折率を1.45、外部の屈折率を1.00とすると各端面に於ける反射率は約3.4%である。プローブ光や反射信号光の強度は研磨剤41による散乱損失や他の光学系による伝搬途中での損失により、またはある種類のウェハの低い反射率特性により、大きく低減することがあるので、光検出器26に最終的に入射する反射信号光の強度は、プローブ光の光ファイバを伝搬する段階時の強度よりも大きく低減することがあるので、この約3.4%という反射率は無視できない値である。

【0063】このノイズ光は信号のS/N比を低下させるために、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を悪化させることがある。本実施形態は以上の問題を解決するために行われたものであり、第一、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態の変形例である。これらの実施形態との違いは光ファイバの端面の方向にある。第一の実施形態では光ファイバの端面の方向が光ファイバの光軸方向に対して規定されていたが、本実施形態では光ファイバの

【0064】図11と図12に示すのは本実施形態の一例の概要図である。図11は、第一の実施例を示す図1の第二光ファイバ61の端部から楔状にされ、端部からに於いて第二の光ファイバの軸が基板の法線とは非平行にされている点でのみ図1と異なる。図12は図11の第二光ファイバ61の端部の拡大図である。61は第二光ファイバ、71はこの光ファイバの軸であり、この軸に沿ってプローブ光と反射信号光が伝搬する。72はプローブ光の伝搬方向、75は反射信号光の伝搬方向である。76は第二の光ファイバ61から射出する出射プローブ光及び第二の光ファイバ61へ入射する反射信号光の光軸を示す。73は出射プローブ光の伝搬方向、74は反射信号光の伝搬方向である。77は第二の端面73の法線、78は端面の傾き角(楔角)であり、光ファイバの軸71と第二の端面80の法線80のなす角度である。傾き角78はコアの屈折率が1.45の石英ファイバの場合、8度とされる。この角度はプローブ光の第二の端面80への入射角にも等しいので、入射角と呼ぶこともあり、また反射信号光の第二の端面に対する屈折角にも等しいので屈折角と呼ぶこともある。81は出射プローブ光の出射時の屈折角に相当する角度であり、11.6度である。また、82はプローブ光が第二の端面80に於いて反射するときの反射角であり、入射角78に等しく、83は反射プローブ光の方向である。

【0065】プローブ光が第二の光ファイバに到る迄の説明は第一の実施形態の場合と同様であるので省略する。第二の光ファイバ61の軸71に沿って方向72に向かって伝搬するプローブ光は入射角78で第二の端面80に入射し、屈折角81で屈折されて出射すると共に一部のプローブ光は反射角82で反射する。屈折したプローブ光は方向73に伝搬し、基板42の被研磨面に入射する。方向73と被研磨面の法線方向とは垂直に調整されているので、ここからの反射信号光は光軸76に沿って方向74に伝搬し、第二の端面80に於いて第二の光ファイバに入射角81、屈折角78で入射し、軸71に沿って方向75に伝搬する。また、83方向に反射された反射プローブ光は光ファイバの軸71に対して16度と大きく傾いているためにこの第二の光ファイバ61の伝搬モードを形成せず、第二の光ファイバ61を伝搬中に放射されて失われる。この後の反射信号光の進行は第一の実施形態と同様であるので、説明を省略する。このようにして反射信号光は光検出器26に入射して信号として検出される。この反射信号光の変化により被研磨面の研磨状態がモニタされる。

【0066】本実施形態では第二の光ファイバの第二の端面80に於けるプローブ光の反射率が光検出器26に

図11 図12  
図11は、第一の実施例を示す図1の第二光ファイバ61の端部から楔状にされ、端部からに於いて第二の光ファイバの軸が基板の法線とは非平行にされている点でのみ図1と異なる。図12は図11の第二光ファイバ61の端部の拡大図である。

図11 図12  
図11は、第一の実施例を示す図1の第二光ファイバ61の端部から楔状にされ、端部からに於いて第二の光ファイバの軸が基板の法線とは非平行にされている点でのみ図1と異なる。図12は図11の第二光ファイバ61の端部の拡大図である。

【0067】以上の説明では、簡単のために、第一の実施形態の変形例として、第二の光ファイバ61の第二の端面80のみが軸に対して非垂直とされている場合を説明した。非垂直とする端面はこの他に第二の光ファイバ61の第一の端面、第一の光ファイバ62の第一の端面または第二の端面の何れであっても良く、これらの端面のどれか一つ以上が非垂直とされていれば良く、全部の端面が非垂直とされていても良い。一般に非垂直とする端面の数が多い程、信号のS/N比を高めることができ、残膜厚の測定、または研磨終了点の検知等の研磨状態の測定の測定精度を向上させることができる。どの端面を非垂直とするか、またいくつの端面を非垂直とするかは、各端面を非垂直にしたときのフレア光の低減効果と、必要な測定精度と、追加コストとのバーゲンから決定される。また、本実施形態は第一の実施形態の他に、第三、第四、第五、第六、第七、及び第八の実施形態にも光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることにより類似な方法で適用できる。

【0068】以上の説明では光ファイバの端面を光ファイバの軸に対して非垂直にすることによりフレア光を減らしたが、第十の実施形態の変形例として端面を特に光ファイバの軸に対して非垂直にせず各端面に反射防止膜を施しても類似の効果が得られる。この例の一部は前の実施形態に既に開示されている。この場合反射防止膜の残留反射光のためにフレア光を完全には零にすることができないので、効果は端部を楔状にした場合に及ばないが、光学部品の配置等に制約がある場合に必要に応じて施される。

【0069】「第十一の実施形態」本実施形態は、光ファイバ61、62として液体より成るコアを具える光ファイバを用いている点でのみ第一、第三、第四、第五、第六、第七、第八、及び第十の実施形態と異なる。本実施形態で用いられる光ファイバは可撓性のある透明樹脂等から成る円筒形状のクラッド材の中に、クラッド材よりも屈折率のコア材としての液体が注入されて構成され、極めて可撓性に優れる。また、光ファイバの断面積に占めるコア一部分の面積比が、細い光ファイバを複数本束ねたバンドルファイバよりも高いので、バンドルファイバよりも高透過率である。更に、クラッド材とコア材に対する材料選定の自由度が高いので、クラッド材とコア材の屈折率差をバンドルファイバよりも大きくすることができ、その結果バンドルファイバよりも大幅に高NAを得ることが出来る。本実施形態の光ファイバとしてアネウム（株）製のリキッドライトガイドを好ましく用いられる。

【0070】本実施形態では、光ファイバの可撓性が極

が低いコンパクトな光源で同じ反射信号光を得ることが出来るためにモニタ装置のコンパクト化を図ることが出来る。また、光ファイバが高NAであるので、容易に高効率の光結合を実現することができ、光学系の設計に対する自由度が高い。

【0071】以上説明した第一～第十一の実施形態で、モニタ装置の構成要素は回転する部材と不回転の部材とに分けて説明したが、不回転の部材の部分のみでも本発明のモニタ装置を構成することは言うまでもない。このとき、他の回転する部材は研磨装置を構成する。

【0072】また、以上説明した第一～第十一の実施形態に共通して、研磨状態のモニタのために、残膜厚の測定または工程終了点の検知が好ましく行なわれる。また、反射信号光としては、好ましくは分光反射信号光が検知され、このために、光検出器26の前に分光器（不図示）が配置される。この分光計測の結果を不図示のA/Dコンバータ、等により不図示の信号処理部に送り、そこで膜厚を算出することが可能になる。具体的には、分光反射信号の変化を高精度に検出するために、好ましくは分光反射信号から演算されたパラメータを利用するか、または分光反射特性の参照値と分光反射特性の測定値との、相互相関関数、等を用いて比較を行なう。更にまた、モニタ装置は、被研磨面のパターン寸法に対応してパターン干渉の程度を制御するために、好ましくは空間コヒーレンス長を制御するための絞リ（不図示）を光源24に具える。更にまた、反射光から1次以上の回折成分を除き、0次光のみを分光反射信号として検出するために好ましくは光検出器26の前に絞リ（不図示）が配置される。これら空間コヒーレンス長の制御技術及び0次光抽出技術については特願平10-150963及び特願平11-047485及び特願平10-28917に開示されている。

【0073】さらにまた、本発明のモニタ装置は、光路中（例えば光路52、光学系22、計測部、等）に有害な外光が入って測定に悪影響を与えないように内部を艶消し吸光塗料等で塗装したパイプ等で覆うことが好ましい。

【0074】このように本モニタ装置は、その光学系が、静止部分と、回転する研磨定盤31とシャフト34に固定されて回転する部分と、に分けられ、静止部分と回転する部分とが光結合されている。ここで、光結合は、光学系の静止部分から出射した光が光損失なく回転する部分に伝わり、回転部分から出射した光が光損失なく静止部分に伝わることを意味している。このようにして比較的設置スペースを多く取るビームスプリッタ25、光源24、分光器を含む光学系（分光反射信号を検出する部）を備える。

（実施形態例）（被研磨面

部）に到達し、反射し、反射信号光を安定に受けて回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、

（被研磨装置）は、（被研磨面）に到達し、反射し、反射信号光を安定に受けて回転軸上の所定位置まで安定的に伝達するための、

ファイバまたは反射鏡またはレンズ等を具える、コンパクトな回帰光学部のみを設置すれば良いので、本モニタ装置を研磨装置に用いれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来、また本モニタ方法によれば、研磨装置を大型化することなく且つ高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。更にまた、本モニタ装置が組み込まれた研磨装置は小型且つ軽量であり、また高精度に研磨状態をモニタすることが出来る。この研磨装置を半導体素子が形成された半導体ウェハの研磨に用いれば、高精度に研磨状態がモニタされた半導体ウェハが得られる。

【0075】

【発明の効果】以上のように本発明のモニタ装置はコンパクトな回帰光学部即ち対物部のみが、研磨装置の回転する研磨体側に設けられ、比較的設置スペースを取る光源や光検出器やビームスプリッタや分光器（分光法の場合）即ち計測部が、下回転の位置に設けられるので、このモニタ装置を具える研磨装置の設計の自由度が増え、且つ小型軽量化を図ることが出来、且つ研磨状態を高精度にモニタできる。また、本発明のモニタ方法により、研磨状態を高精度にモニタすることのみならず、研磨装置の設計の自由度の向上とコンパクト化を図ることが出来る。更にまた、本発明の研磨装置はコンパクトであるのみならず研磨状態を高精度にモニタ可能である。更にまた、本発明の研磨方法によれば、研磨状態を高精度にモニタするので、研磨される半導体素子、等の基板の品質と歩留りを大幅に向上できる可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図2】第二の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図3】第三、第四の実施形態を説明するモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図4】第五の実施形態のモニタ装置、研磨装置の概要図である。

【図5】第五の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図6】第六、第七の実施形態を説明する凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図7】第八の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図8】第九の実施形態の凸のパワーを持った光学系の付近の概要図である。

【図9】CMP研磨装置の概要図である。

【図10】従来のモニタ装置と研磨装置の関係を示す概

【符号の説明】

1	研磨装置
4	絞り
11	研磨体の回転軸
12	基板の回転軸
14	絞り
21	モニタ装置
22	凸のパワーを持った光学系
23	透明窓（反射防止膜付き）
24	光源（ハロゲンランプまたはキセノンランプ）
25	ビームスプリッタ
26	光検出器
27	下回転の第一反射鏡
28	回転する第二反射鏡
29	回転する第三反射鏡
31	研磨定盤
32	研磨体
33	基板保持部
34	シャフト
35	ロータリジョイント
36	軸受け
37	加工面
41	研磨剤
42	基板（半導体ウェハ）
43	研磨剤供給機構
44	被研磨面
61	第二光ファイバ
62	第一光ファイバ
63	第一光結合レンズ
64	第二光結合レンズ
65	端部
70	接着剤
71	光ファイバの軸
72	プローブ光の伝搬方向
73	プローブ光の伝搬方向
74	反射信号光の伝搬方向
75	反射信号光の伝搬方向
76	光軸
77	第二の端面の法線
78	第二の端面の傾き角（楔角）またはプローブ光の入射角（反射信号光の屈折角）
79	折り曲角
80	第二の端面
81	プローブ光の屈折角（反射信号光の入射角）
82	プローブ光の反射角
83	プローブ光の反射光の進行方向

図10 従来のモニタ装置と研磨装置の関係を示す概略図である。

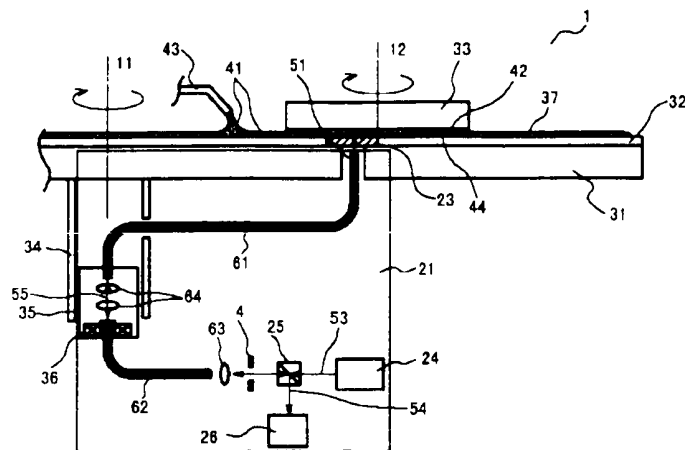
【図11】光ファイバの楔状の端部の拡大図である。

研磨装置 1  
基板保持部  
研磨パッド

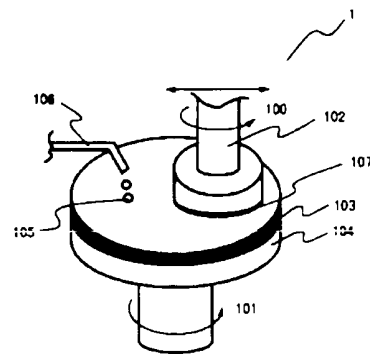
- 104 研磨定盤
- 105 研磨剤
- 106 研磨剤供給機構
- 107 基板（半導体ウェハ）
- 108 フロップ光と反射信号光
- 109 モニタ装置

- 110 透明窓
- 220 光学系22のうち最も第二光ファイバの端面側にあるレンズ
- 221 前群光学系
- 222 後群光学系

【図1】

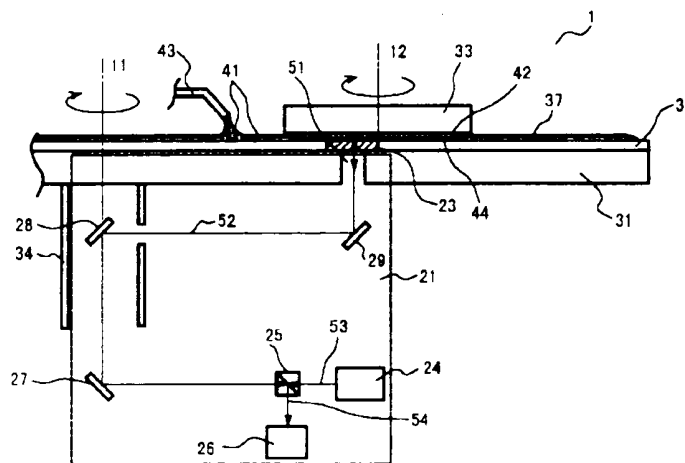


【図9】

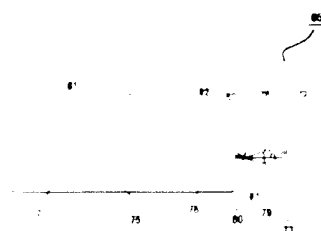
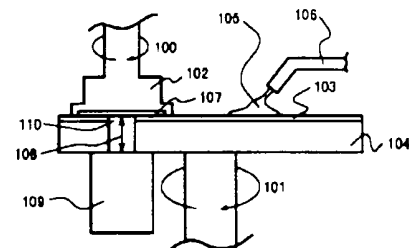


【図10】

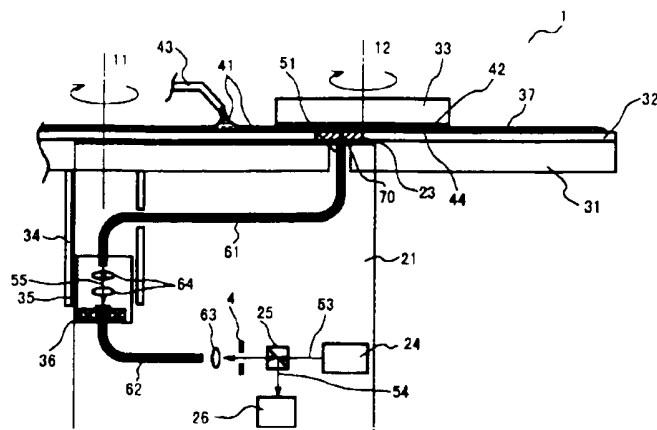
【図2】



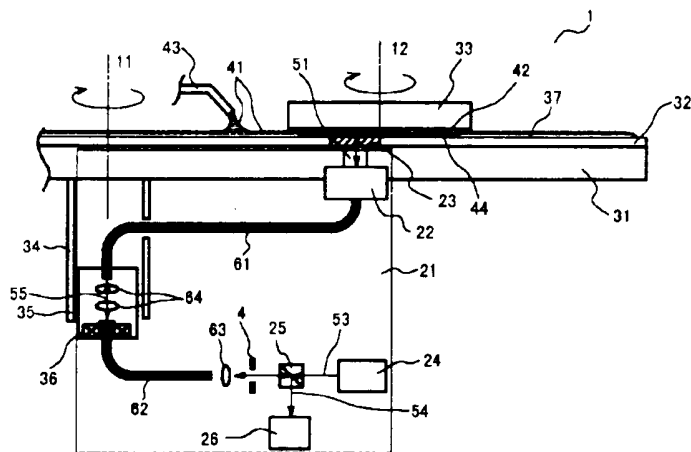
【図12】



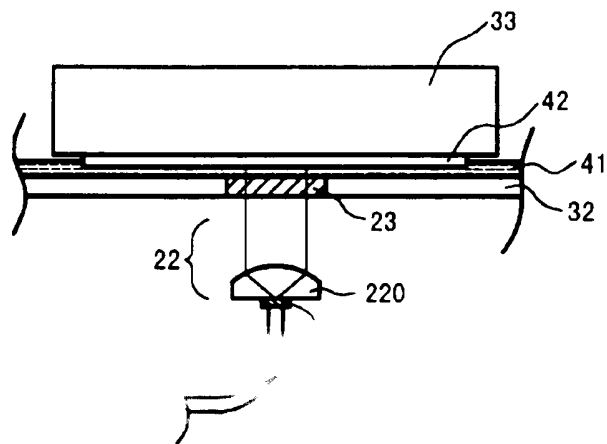
【図3】



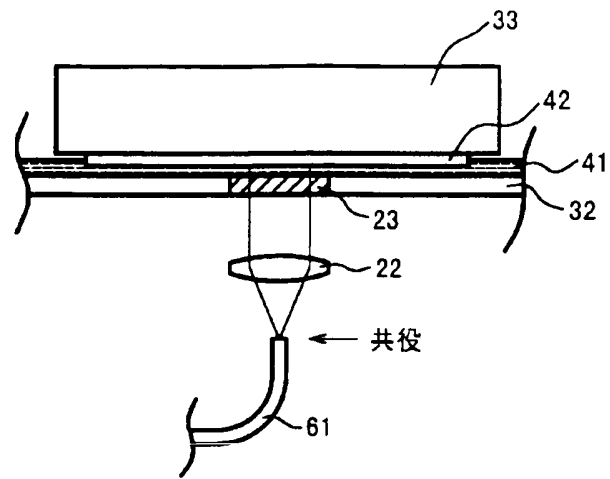
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

